

DAS VIRTUELLE BAUWERK ALS
INFORMATIONSUMGEBUNG FÜR DIE
PLANUNG IM BESTAND
ZUR ORGANISATION UND STRUKTURIERUNG EINER
DIGITALEN BAUWERKSDOKUMENTATION

DISSERTATION
zur Erlangung des akademischen Grades
DOKTOR-INGENIEUR

an der Fakultät Bauingenieurwesen
der
Bauhaus-Universität Weimar
vorgelegt von

Dipl.-Ing. Katrin Wender
geboren am 17. Juli 1977 in Mühlhausen

Gutachter:

Prof. Dr.-Ing. habil. Reinhard Hübler, Bauhaus-Universität Weimar

Prof. Dr.-Ing. Frank Petzold, Bauhaus-Universität Weimar

Prof. Dr.-Ing. Petra von Both, Technische Universität Karlsruhe

Eingereicht am: 26. November 2008

Tag der Disputation: 28. Mai 2009

VORWORT

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Professur Informations- und Wissensverarbeitung an der Bauhaus-Universität Weimar. Das bearbeitete Thema war dabei Gegenstand des von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten Einzelprojektes „Modulare, dynamische Recherchewerkzeuge zur Unterstützung der kooperativ-integrativen Entscheidungsfindung im Bauwerkslebenszyklus“.

Ich möchte an dieser Stelle all diejenigen ganz herzlich danken, die – auf unterschiedliche Weise – zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

In erster Linie danke in meinem Mentor Prof. Reinhard Hübler für die wissenschaftliche Betreuung sowie für seine permanente Diskussionsbereitschaft und konstruktive Kritik, mit der er das Entstehen der Arbeit von den ersten Gedanken an begleitete. Er hat mir darüber hinaus die nötigen Freiräume für das Schreiben dieser Arbeit geschaffen und stand mir während dieser Zeit immer wieder anspornend und mit fachlichem Rat zur Seite.

Mein Dank gilt weiterhin Prof. Petra von Both und Prof. Frank Petzold für die Begutachtung der Arbeit und die Diskussion der Problematik aus unterschiedlichen fachlichen Perspektiven.

Den Kollegen an den Lehrstühlen Informations- und Wissensverarbeitung, Informatik in der Architektur und Informatik im Bauwesen danke ich für die freundschaftliche Arbeitsatmosphäre und den offenen fachlichen Austausch. Für die Unterstützung beim Korrekturlesen sowie wertvolle fach-

liche und redaktionelle Hinweise danke ich insbesondere Anke Schwanck, Christina Wickler, Christian Koch und Daniel G. Beer. Frau Dr. Heidemarie Schirmer danke ich für ihr Engagement und die gute Zusammenarbeit bei der Veröffentlichung dieser Arbeit.

Schließlich danke ich meiner Familie und meinen Freunden, die meine temporäre geistige und körperliche Abwesenheit mit gelassener Ruhe respektiert haben, und ohne deren persönliche Unterstützung diese Arbeit wohl kaum möglich gewesen wäre. Ein besonderer Dank gilt Lars Reimer für seine Ruhe beim Zuhören zu jeder erdenklichen Tageszeit, vor allem aber für seine ständige Ermunterung, gemeinsam nach vorn und auf das Ganze zu schauen.

Weimar, im Juli 2009

Katrin Wender

*"Perfection is achieved, not when there is nothing more to add,
but when there is nothing left to take away."¹*

¹ Antoine de Saint-Exupéry (1900-1944), französischer Flieger und Schriftsteller

KURZFASSUNG

Objektorientierte Bauwerksmodelle sind derzeit Gegenstand umfangreicher Forschungsaktivitäten zur rechnerinternen Verwaltung bauwerksbezogener Informationen. Ein in diesem Rahmen diskutierter Ansatz ist die Realisierung eines virtuellen rechnerinternen Bauwerks in Form eines variablen Verbundes fachspezifischer objektorientierter Modelle. Diese Organisationsform der rechnerinternen Repräsentation eignet sich einerseits aufgrund ihrer Flexibilität sehr gut für eine lebensphasenübergreifende Fortschreibung als digitale Bauwerksakte. Eine solche Bauwerksakte bildet eine wichtige Informationsgrundlage für die Planung von Instandhaltungs-, Modernisierungs-, Umbau- oder Erweiterungsmaßnahmen in späteren Lebensphasen des Bauwerks. Andererseits erschwert die dezentrale Organisationsform des Modellverbundes jedoch die Informationssuche, was in erster Linie durch das Vorhandensein multipler Repräsentationen einzelner Realweltobjekte sowie die Komplexität der am Verbund beteiligten Modellschemata bedingt ist.

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung eines generischen Systemkerns als Basis für eine projektbezogen konfigurierbare Informationsumgebung, die insbesondere in frühen Projektphasen einen handhabbaren Zugang zu den im Modellverbund verwalteten Informationen bereitstellen kann. Der vorgeschlagene Lösungsansatz erweitert den Modellverbund um eine Erschließungsstruktur, in der die einzelnen Elemente der individuellen baulich-räumlichen Struktur durch eindeutige Identifikatoren vertreten werden. Mit den Identifikatoren werden jeweils die fachspezifischen Repräsentationen des Objektes verknüpft und sind somit von einem zentralen

Einstiegspunkt aus erreichbar. Der generische Systemkern definiert eine objektorientierte Datenstruktur zur Verwaltung der jeweils projektbezogen auszuprägenden Erschließungsstruktur.

Die Interaktion mit dem erschlossenen Informationsraum erfordert eine entsprechende Nutzerschnittstelle, die in der Lage ist, nicht vorhersehbaren, spontan entstehenden Informationsbedarf zu bedienen. Darüber hinaus soll sie konfigurierbar sein bezüglich der unterstützten Suchstrategien. Der Lösungsansatz sieht eine hierarchische Organisationstruktur der Nutzerschnittstelle vor, die eine modulare Erweiterung ermöglicht. Ein entsprechender Kern der Nutzerschnittstelle wird als objektorientiertes Framework spezifiziert.

Die Erschließungsstruktur und die Nutzerschnittstelle werden unter Anwendung des objektorientierten Paradigmas entwickelt und mit Hilfe einer formalen Notation auf implementierungsunabhängiger Ebene beschrieben. Anhand exemplarischer Umsetzungen kritischer Systemteile wird die prinzipielle Realisierbarkeit des beschriebenen Systems nachgewiesen.

ABSTRACT

Object oriented building models are subject of comprehensive research activities aiming at the computer-supported management of building related information. An interesting approach discussed in this field is to set up a virtual digital building as a variable compound of several discipline specific object oriented models. Because of its flexible form of organization such a digital representation can be easily modified and enhanced throughout the entire life cycle of a building, and therefore it is well suited as a basis for a digital cross-life cycle documentation of a building.

Such a documentation can serve as an important information base for the planing of any reconstruction work on the particular building. However the decentralized organization of the model compound does not support an intuitive navigation and information seeking. The model schemata can be very complex and a particular real world object may have multiple digital representations spread among the discipline specific models.

The work presents the development of a generic core of an adaptable information seeking environment which focuses especially at supporting cross-disciplinary information needs in early project phases. The approach proposed in this work enhances the model compound concept by two additional layers: the navigation structure and the user interface. The navigation structure overlays the model compounds and serves as its table of contents. Each real world object is represented in the navigation structure by an unique identifier. The multiple discipline specific repre-

sentations of a particular real world object are linked to its identifier and therefor accessible from a central entry point. Within the generic core an object oriented data structure is defined, that allows for the storage and management of project specific instances of the navigation structure.

For information seeking planners will have to interact with the information space containing the model compound and the navigation structure. Therefore the user interface has to support any kind of unpredictable and spontaneous information need. Also it has to be adaptable in terms of the searching strategies it supports. The proposed system concept bases on an hierarchical organization which allows for configuration by changing and/or adding of modules. The generic core defines an object oriented framework for the individual implementation of the user interface.

The generic core is formally specified on an implementation-independent level. Several experimental prototypes prove the technical feasibility of critical aspects of the system concept.

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort	iii
Kurzfassung	vii
Abstract	ix
Abkürzungsverzeichnis	xxv
1. Einführung	1
1.1. Problemstellung	2
1.2. Zielsetzung	6
1.3. Ausgangspunkte und Vorgehensweise	7
1.4. Aufbau der Arbeit	13
2. Planung im Kontext bestehender Bausubstanz	19
2.1. Begriffe	20
2.2. Nachhaltiges Planen	21
2.3. Bereitstellung planungsrelevanter Informationen	25
2.4. Spezialisierung und Rollenverteilung im Planungsprozess	28
2.5. Computergestützte Werkzeuge für die Planung im Bestand	30
2.6. Randbedingungen und Konsequenzen	33
3. Stand der Bauwerksmodellierung	35
3.1. Abgrenzung	35
3.2. Begriffe	36

3.2.1. Modelle	36
3.2.2. Die Unified Modelling Language - UML	39
3.3. Produktmodelle im Bauwesen - Bauwerksmodelle	40
3.3.1. Modellierungsparadigma	41
3.3.2. Modellschemata und Modelldaten	42
3.4. Der Produktmodellansatz als Methode der Integration	44
3.5. Merkmale und Ansätze integrierter Informationssysteme	46
3.5.1. Art der Kopplung	47
3.5.2. Entwurfsstrategie	48
3.5.3. Ort der Datenspeicherung	49
3.6. Integrationsansätze im Bauwesen	49
3.7. Dynamische Bauwerksmodelle	59
3.8. Konsequenzen für eine digitale Bauwerksdokumentation	66
4. Entwerfen als kreatives Problemlösen	69
4.1. Abgrenzung	69
4.2. Begriffe	72
4.3. Zum Vorgang des kreativen Problemlösens	74
4.3.1. Phasen des Iterationsprozesses	74
4.3.2. Varianten des Iterationsprozesses entsprechend ver- schiedener Barrieretypen	79
4.4. Einflussfaktoren beim Problemlösen	87
4.4.1. Flexibilität des Denkens	88
4.4.2. Formale und informale Lösungsstrategien	90
4.4.3. Wiederverwendung von Entwurfswissen	91
4.5. Entwicklung mentaler Modelle als Hauptaufgabe des Entwer- fens	93
4.6. Konsequenzen für entwurfsunterstützende Werkzeuge	96
5. Informationssuche	99

5.1. Abgrenzung	99
5.2. Begriffe	101
5.2.1. Informationsraum und Navigation	101
5.2.2. Direkte Manipulation	103
5.2.3. Informationsumgebung	103
5.2.4. Informationsproblem	105
5.3. Informationssuche als Problemlöseprozess	106
5.3.1. Teilprozesse der Informationssuche	106
5.3.2. Vorgehensweisen bei der Suche (Suchstrategien) . . .	109
5.3.3. Wechselwirkungen zwischen Problemklassen und Suchstrategien	113
5.4. Organisation mentaler Repräsentationen	115
5.4.1. Organisationsprinzipien	115
5.4.2. Orientierung im Entwurfs- und Planungsgegenstand Bauwerk	117
5.5. Konsequenzen für die entwurfsbezogene Informationssuche .	119
6. Problemdefinition und Gesamtkonzept	121
6.1. Begriffe	122
6.2. Anforderungen und Annahmen	122
6.3. Defizite der bestehenden Situation	126
6.3.1. Projektbezogene Organisation des Modellverbundes .	126
6.3.2. Generischer Modellzugriff	129
6.3.3. Komplexität von Bauwerksmodellschemata	131
6.3.4. Präsentationsformen und Interaktionsmechanismen .	134
6.4. Verwendete Analogien	135
6.4.1. Informationsumgebungen im Dokumentretrieval . . .	136
6.4.2. Offene Hypermedia-Systeme	140
6.5. Das virtuelle Bauwerk als Informationsumgebung	145
6.6. Abgrenzung des betrachteten Sachverhaltes	150

7. Erschließung des Informationsraums	155
7.1. Informationscontainer und Eigenschaftslinks	156
7.1.1. Informationscontainer als Bausteine der objektbezo-	
genen Ordnungsstruktur	156
7.1.2. Unterstützung der Navigation innerhalb komplexer	
Modellschemata durch Eigenschaftslinks	162
7.2. Konzeptuelles Schema der Erschließungsstruktur	170
7.2.1. Relevante Konzepte	170
7.2.2. Klassenhierarchie	175
7.2.3. Strukturelle Beziehungen zwischen Informationscon-	
tainern	176
7.2.4. Zuordnung domänenspezifischer Repräsentationen . .	178
7.2.5. Zuordnung von Szeneobjekten und Klassifikationssys-	
temen	180
7.2.6. Eigenschaftslinks	180
7.3. Formale Repräsentation	183
7.3.1. Ontologien und Semantic Web Technologien	184
7.3.2. Beschreibung der Erschließungsstruktur mit OWL . .	185
7.4. Diskussion	188
8. Koordination von Recherchemodulen	191
8.1. Exemplarisches Szenario einer Recheresitzung	192
8.2. Grundlagen objektorientierter Softwareentwicklung	200
8.2.1. Methoden der Softwareentwicklung	201
8.2.2. Wiederverwendung von Entwurfswissen	202
8.3. Systemkonzept des Rechercheframeworks	207
8.3.1. Vorüberlegungen	208
8.3.2. Strukturierung der Rechereschnittstelle	210
8.3.3. Erzeugen von Viewerexemplaren und Integration neuer	
Viewerklassen	220

8.3.4. Zentraler Zugriff auf die Erschließungsstruktur und den Modellverbund	232
8.3.5. Alphanumerische Auswertung von Referenzknoten . .	235
8.4. Implementierung des Rechercheframeworks	239
8.5. Diskussion	244
9. Fazit	247
9.1. Wertung	249
9.2. Ausblick	251
A. Übersicht verwendeter Muster	271
B. Methoden der Klasse NaviStructure zum Zugriff auf die Er- schließungsstruktur	287
C. Übersicht zu Prozessorentypen und gültige Nachrichten	291
D. Prototypen	293
D.1. Erschließungsstruktur	293
D.2. Property Link Manager	297
D.3. Navi Model Editor	299
D.4. ISeE – Information Seeking Environment, Framework	302
E. Ehrenwörtliche Erklärung	305
F. Über die Autorin	307